

# TÉCNICAS DE CONFORMACIÓN, MECANIZADO Y UNIÓN DE PLÁSTICOS. APLICACIONES

## 1 GENERALIDADES

La finalidad de la tecnología de la transformación o procesado de polímeros es la obtención de objetos o piezas de formas predeterminadas y estables. Las principales ventajas son:

- Gran facilidad y economía con que se obtienen los productos finales.
- Los objetos se obtienen mediante un corto número de operaciones con poco desperdicio de material.

Clasificación:

- Polímeros termoplásticos: suelen trabajarse previamente fundidos por efecto simultáneo de aplicación de calor, presión y esfuerzos. Las técnicas más usadas son el moldeo por inyección y la extrusión. Cualquiera que sea el proceso de conformación (inyección o extrusión), se precisa mantener el plástico a un tiempo, más o menos largo, a temperaturas relativamente altas para que su viscosidad o dificulte su flujo a través de boquillas o hileras (lo que puede ocasionar la degradación de algunos materiales).
- Materiales duroplásticos y elastómeros: se conforman en general, por compresión en moldes de la forma adecuada, que se cargan con la cantidad exacta de resina, agente catalizador y aditivos, a los que se aplica calor para facilitar las reacciones. Sea cual sea la técnica de transformación utilizada, las piezas u objetos fabricados deben enfriarse convenientemente para que su forma permanezca estable. Esta velocidad de enfriamiento puede influir en las propiedades y comportamiento del material.

## 2 MEZCLAS Y PREPARACIÓN DE COMPONENTES

Es la primera operación del procesado de plásticos. El objeto de esta operación es:

- Conseguir una buena mezcla de los aditivos, plastificantes (líquidos generalmente), cargas minerales, etc., con la resina base y el material recuperado adecuadamente molido. Se trata de asegurar una homogeneidad permanente del compuesto para evitar segregaciones en su manipulación posterior.
- Conseguir un material que fluya bien en tolvas y conductos y que no contenga aire ocluido que luego originaría defectos.

El procedimiento de homogeneización difiere en función del estado físico de los productos utilizados:

- Si son líquidos, la homogeneización se consigue mediante simple agitación.
- Si es pastoso, se utilizan molinos o mezcladores seguidos de un filtro.
- Si es un sólido seco, requiere varias y sucesivas etapas, las primeras de las cuales se realizan en mezcladoras rápidas que producen un fuerte efecto de cizalla, con sistemas de calefacción y refrigeración adosados.

## 3 ADITIVOS QUE FACILITAN EL PROCESO

Los aditivos se agrupan en dos bloques en función de que afecten a las reacciones que se producen durante el proceso (estabilizantes y antioxidantes térmicos) o que influyan en la facilidad con la que fluye el material plastificado por las diferentes máquinas (lubricantes).

- Estabilizantes y antioxidantes: Inhiben las reacciones de descomposición y dificultan las de oxidación a alta temperatura, ampliando el margen de temperaturas a las que se puede llevar a cabo su transformación sin problemas.
- Lubricantes: tienen como objetivo facilitar el flujo del polímero. Puede realizarse utilizando dos tipos de lubricantes que actúan de forma distinta:
  - Externos: disminuyen la adherencia y el rozamiento en su superficie exterior y actúan tanto en caliente como en frío. Son sustancias poco compatibles con el polímero base que emigrando hacia su superficie (son exudados) donde forman una película lubricante.
  - Internos: disminuyen la adherencia y el rozamiento en su masa interna. Son compatibles con el polímero en caliente pero en frío son exudados.

Los productos más utilizados como lubricantes son: sales metálicas de los ácidos grasos, distintos tipos de ceras (facilitan el flujo del polímero) y alcoholes.

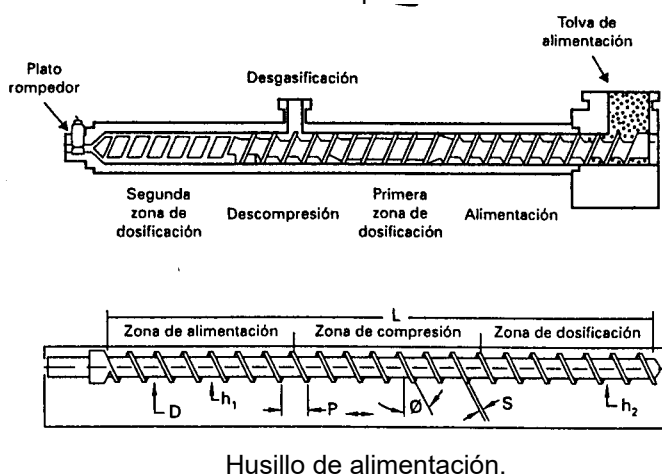
## 4 EXTRUSIÓN

El método de extrusión consiste en introducir un material termoplástico en una máquina que plastifica el material (lo hace fluido) y es forzado a fluir continuamente en ese estado fundido a través de una hilera o boquilla al aplicarle presión y calor. A su salida, se introduce a presión en un molde con la forma deseada de manera, que al enfriarse y retirar el molde, obtenemos la pieza que pretendemos.

La extrusión se emplea normalmente para producir varillas, láminas, tubos, recubrimientos de cables, filmes, etc., a partir de la granza o polvo.

Las extrusoras constan de:

- Cilindro, donde se aloja un husillo que, al girar, recoge el material de la tolva de alimentación, lo hace avanzar a lo largo del cilindro y lo somete a esfuerzos de cizalla a la vez que lo comprime.
- El calentamiento del material se produce por calor aplicado al cilindro o por la energía disipada por los esfuerzos cortantes. Los elementos de calefacción pueden ser resistencias eléctricas alojadas en cada una de las zonas del cilindro, o se puede utilizar aceite caliente que se hace circular mediante una bomba a través de taladros practicados en el cilindro.
- El plato rompedor, situado a la salida de la extrusora, dosifica el material y está formado por placas perforadas donde se instalan tamices metálicos y tiene la misión de transformar el flujo helicoidal en flujo paralelo más regular, homogeneizar su temperatura y retener cualquier cuerpo extraño.
- El extremo de salida de la extrusora se denomina cabezal, donde se sitúa la boquilla y cuya forma y disposición es función de la forma deseada del producto.



Husillo de alimentación.

#### 4.1 Principios de funcionamiento de las extrusoras de husillo único

El husillo está dividido en tres zonas: alimentación (el husillo es cilíndrico), compresión (el husillo es tronco-cónico) y dosificación (vuelve a ser cilíndrico).

- Zona de alimentación: el material, en polvo o en granza, es transportado mediante un “tornillo de Arquímedes”. En esta zona debe evitarse la plastificación del material, posibilitando el escape del aire atrapado, por lo que puede ser necesario refrigerar la carcasa en los tramos próximos a la tolva de alimentación.
- Zona de compresión: aumenta el diámetro del eje del husillo, aumentando también los esfuerzos radiales y de cizalla sobre el material.
- Zona de dosificación: se proporciona al polímero la presión necesaria, para que el caudal deseado atraviese el plato rompedor, controlando la capacidad de producción de la máquina, proporcionando, además, una importante homogeneización del material y terminado de fundir las partículas que queden sin plastificar.

#### 4.2 Proceso de extrusión

- Extrusión de tubos: una unidad de extrusión de tubos consta de una extrusora, un dispositivo de calibrado de tubos a la salida de la extrusora, un baño de refrigeración, un sistema tractor que produce el estirado del tubo hasta conseguir el espesor adecuado y un sistema de corte y recogida de tubería. Los tubos de grandes diámetros (<500m) se fabrican con más facilidad mediante el moldeo centrífugo.
- Extrusión de Filmes: La fabricación de Filmes de PEBD (Polietileno de Baja Densidad, de espesores entre 30-200 $\mu$ m y ancho 400 a 1200 mm) se realiza por extrusión y soplado. La extrusora consta de un tubo de gran diámetro del que sale aire comprimido formando con el polímero una gran burbuja cilíndrica de varias veces el diámetro del tubo extruido. El film se enfría luego y se aplasta entre dos rodillos de arrastre pasando a la calandra de enrollado donde se recoge la bobina. Entre los rodillos de arrastre y la calandra se disponen generalmente los sistemas de tratamiento y eliminación de cargas estáticas. Los films también se pueden fabricar por extrusión a través de boquillas con hilera delgada y larga, de la que sale el polímero plastificado verticalmente, enfriándolo seguidamente entre cilindros refrigerados o en baño de agua. Este proceso se conoce como Extrusión plana.

- **Extrusión de láminas y planchas:** se utilizan extrusoras con cabezales transversales que disponen de una hilera cuyo ancho es algo mayor que el producto final. El espesor de la lámina se regula con la separación de los labios de la boquilla. La lámina extruida, todavía caliente, pasa a través de unos rodillos o cilindros de enfriamiento que además, estiran el material reduciendo su espesor a la medida deseada.
- **Recubrimiento por extrusión:** este proceso consiste en la extrusión de un film delgado de PE (Polietileno) fundido que se aplica por presión sobre el sustrato. El material fundido que sale de la cabeza de la extrusora es estirado por dos rodillos cilíndricos entre los cuales pasa el sustrato (material que queremos recubrir), con una velocidad mayor que la de salida del polímero de la extrusora. Con ello, se produce un estirado del film de forma que se consigue el espesor deseado mientras la presión entre rodillos lo suelda al sustrato. Seguidamente se refrigera en otro rodillo y se cortan los bordes laterales. Este procedimiento también puede recubrir cables eléctricos.
- **Extrusión por inyección y soplado:** es este caso el material termoplástico se inyecta en un molde obteniéndose una reforma que, tras la apertura del molde y con el núcleo inyectado todavía caliente, se desplaza por avance o giro hasta la estación de soplado, donde penetra en otro molde con la forma final de la pieza. En dicho molde se introduce aire a presión, lo que hace que el material se hinche y adquiera la forma de las paredes del molde, tras lo cual se enfría y se extrae.

### 4.3 Fabricados y derivados de la extrusión

Embalajes con películas flexibles: como bolsas (para envasado de líquidos y productos granulados, alimentos, salsas, etc.) y bolsas de transporte; Sacos; Almohadillas; Películas para envolver a partir de filmes extruidos: como protección de la mercancía y pueden ser de envoltura total (se cubre por completo el objeto) o parcial (el precinto no cubre de forma total al objeto).

## 5 COEXTRUSIÓN

Es un proceso de una sola etapa con dos o más materiales plásticos que se extruyen simultáneamente a través de una sola boquilla formándose a la salida una hoja o film multicapa. Con ello se evita el costo y complejidad de los procesos multietapa y permite fabricar con facilidad productos con capas más delgadas. Los filmes coextruidos se fabrican por un proceso de extrusión y soplado o por extrusión a través de una boquilla plana, llamada colada, sobre unos rodillos enfriadores.

### 5.1 Cabezales y boquillas de coextrusión

- **Cabezal tubular:** deben suministrar un flujo concéntrico uniforme de todas las capas, siendo posible ajustar el espesor de cada una de ellas en sentido circunferencial.
- **Cabezales y boquillas planos (de ranura):** se usan para la coextrusión de multicapas (espesores > 0,25 mm) y en los recubrimientos por extrusión de sustratos como el cartón, folios de aluminio, espumas de plástico o textiles.

En los sistemas de coextrusión plana se utilizan dos tipos de cabezales o los dos combinados en un solo cabezal:

- Cabezales multidistribuidores: tienen un distribuidor individual para cada capa que se extiende a todo lo ancho de los mismos. Tienen la ventaja de poder coextruir polímeros con viscosidades muy diferentes, pero la desventaja de no poder coextruir capas muy delgadas.
- Cabezales de un solo distribuidor con “feedblock”: se utiliza un bloque alimentador (feedblock), antes o delante de un cabezal convencional de un solo distribuidor. Existe una serie de agujeros de alimentación que sitúan las capas dosificadas según la secuencia y espesor requeridos se puede coextruir gran número de capas y la estructura de éstas puede cambiarse fácilmente mediante módulos intercambiables.
- Cabezales combinados bloque alimentador / distribuidor múltiple: se pueden coextruir polímeros con viscosidades y temperaturas de proceso muy diferentes. La combinación o unión de todas las capas tiene lugar antes de la zona recta de la boquilla.

### 5.2 Procedimientos de coextrusión

- **Coextrusión soplado:** se utiliza para la fabricación de botellas de PEAD (Polietileno de Alta Densidad). Consiste en conformar una preforma por inyección (llamada parisón) que se transfiere a una máquina de moldeo por soplado y se calienta lentamente a temperatura uniforme. El parisón caliente se coloca en el molde, en el cual se estira (para dar orientación vertical) y luego se sopla para darle la forma definitiva.

- Coextrusión por soplado-llenado-sellado: el parison se extruye a través de una boquilla circular multicapa hacia un espacio estéril que contiene moldes esterilizados. El parison se sopla con aire esterilizado e inmediatamente se llena con el producto frío. Después del llenado, se cierra la botella por fusión de cierre térmico estando aún en el molde y se extrae del molde y de la cámara estéril a través de una pequeña abertura protegida contra la contaminación por aire estéril a presión.

## 6 MOLDEO

La modalidad más sencilla y antigua es la de moldeo por compresión, pero este procedimiento se ha mejorado dando lugar al moldeo por inyección. El moldeo por inyección es una de las técnicas más importantes y consiste en la introducción de un material fundido dentro de un molde que se encuentre a temperatura suficientemente fría como para poderse desmoldear el producto en forma sólida. Este procedimiento permite la fabricación de piezas muy pequeñas.

### 6.1 El sistema de inyección

Los más comunes son los siguientes:

- Pistón de una etapa: la grana cae desde una tolva de alimentación en cantidades medidas, a continuación el pistón se mueve, compacta los gránulos del material plástico en el cilindro de calentamiento y obliga a que un peso igual de material plástico fundido pase a través de una boquilla y penetre en el molde.
- Preplastificación: utiliza un sistema de pistón de dos etapas. Similar al de una etapa, pero el fundido, en lugar de pasar directamente al molde, se dirige a una segunda cámara donde otro pistón hace que penetre en el molde.
- Tornillo fijo y pistón: la cámara de preplastificación lleva un tornillo giratorio que funde el plástico y lo extruye hacia una cámara de inyección. Es posible controlar mejor el calor fundido y se logra una mejor y completa plastificación.
- Cono de cizallamiento rotatorio: se utiliza un cono giratorio que, al girar, realiza la operación de plastificación por cizallamiento. El material plástico se funde, por tanto, mediante un calor de origen mecánico (cizallamiento) y luego pasa a una cámara de pistón secundaria a través de una válvula que se abre o cierra en el momento debido.
- Tornillo alternativo: tiene la ventaja de poder continuar la operación de plastificación mientras el pistón de inyección está llenando el molde. Es el más utilizado actualmente.

### 6.2 Inyección múltiple

Dentro de la inyección de multimateriales podemos distinguir dos tipos:

- Cuando el material inyectado es un material multicomponente: en este caso se necesita mayor presión de inyección, si bien el ciclo de moldeo es más corto.
- Cuando se inyecta de manera sucesiva dos o más polímeros diferentes para dar lugar a una estructura de tipo "sándwich": consiste en inyectar a través de un solo bebedero del molde materiales distintos procedentes de otras tantas unidades de inyección. Ventajas: excelente acabado, mayor rigidez, total distinción entre núcleo y "piel", mayor ligereza, ahorro de materias primas. Inconvenientes: moldes más caros, máquinas más caras, necesita mayor conocimiento técnico.

### 6.3 Procesos de moldeo

- Moldeo por inyección: el material termoplástico en estado fundido y homogeneizado es inyectado en un molde del que se extrae transcurrido cierto tiempo para que se enfríe y solidifique. El ciclo de producción consta de ocho fases:
  - Cierre del molde.
  - Avance del grupo de inyección.
  - Inyección del material en el molde.
  - Mantenimiento de la presión.
  - Refrigeración y solidificación del objeto.
  - Retroceso del grupo de inyección.
  - Plastificación del material para el ciclo siguiente.
  - Abertura del molde y expulsión del objeto.

Este procedimiento requiere de temperaturas y presiones más elevadas que cualquiera otra técnica de transformación, pero los productos obtenidos presentan múltiples ventajas como: bastante precisión dimensional, superficie limpias y lisas, aprovechamiento del material y ritmo de producción elevado. El inconveniente es que las piezas deben ser refinadas para eliminar las rebabas que aparecen. Las máquinas de inyección constan de dos partes: Unidad de inyección y Unidad de moldeo.

- **Moldeo por soplado:** se aplica a la producción de objetos huecos tales como botellas y frascos. Los elementos que constituyen un equipo de moldeo por soplado son: la extrusora, el cabezal y el molde. Proceso: el material se plastifica en una extrusora (de donde sale en forma tubular), se recoge entre las mitades de un molde de soplado, se cierra el molde y se introduce un cabezal de soplado por una abertura superior o inferior, se sopla aire caliente a presión en el interior del tubo adaptándose el material a la forma interior de la cavidad del molde, se enfría y solidifica (al tomar contacto con el metal refrigerado), se elimina la sobrepresión del aire, se abre el molde y se extrae.
- **Moldeo centrífugo:** En esta modalidad se introduce cierta cantidad de polímero fundido en un molde rotativo que gira alrededor de su eje de simetría con lo que el material se adapta a la superficie del molde cilíndrico, enfriándose seguidamente y siendo expulsado longitudinalmente. Se utiliza para la producción de tubos cilíndricos de gran diámetro.

## 7 **TERMOCONFORMADO**

Se parte de materiales semielaborados en forma de filmes o láminas que se reblandecen por efecto del calor y se adaptan contra un molde mediante presión de aire, vacío o mediante un contramolde. Es el procedimiento más utilizado para la fabricación de piezas de gran superficie, paredes delgadas y en series. Los materiales aptos para el termoconformado son el PS (Poliestireno), PVC (Cloruro de Polivinilo), ABS (Acrilonitrato-butadieno-estireno) y PMMA (Polimetacrilato).

Variantes del proceso:

- Conformado a vacío: la presión atmosférica adapta la hoja contra las paredes del molde, en donde se enfría lo suficiente para conservar su forma y seguidamente se extrae.
- Conformado a presión: usando aire comprimido. Permite controlar mejor la variación de presión con el tiempo y aplicar presiones superiores a la atmosférica.
- Conformado mediante moldes adaptados: la hoja se aprisiona entre dos moldes calientes, macho y hembra, que se adaptan proporcionando al material la forma de sus dos caras.

Aplicación: fabricación de embalajes semirrígidos.

Según la forma y la distancia entre la película y la mercancía envasada, se distinguen tres tipos de envases:

- Las ampollas: la forma del embalaje no tiene nada que ver con el contenido.
- Las burbujas: su forma se aproxima a la pieza que contiene.
- La piel: de forma idéntica a la pieza que recubre.

## 8 **CALANDRADO**

Consiste en hacer pasar el material, previamente plastificado entre tres o más cilindros que proporcionan una lámina bruta, que luego se refina y ajusta en otra serie de cilindros de calibración, enfriamiento, corte y recogida. Se pueden conseguir diferentes tipos de acabados (brillante, mate y difuminado) dependiendo del recubrimiento del último rodillo previo a la capa de enfriamiento fina.

Las calandras son máquinas muy adecuadas para el recubrimiento de sustratos o soportes diversos (cartón, papel, tejidos, filmes de aluminio, etc.) con materiales fácilmente termodegradables, permitiendo la incorporación del material en estado fundido o plastificado, con gasificante o sin él.

## 9 **MÉTODOS DE UNIÓN DE PLÁSTICOS**

### 9.1 **Unión de termoplásticos**

- Método de la acetona: para pequeñas uniones. Consiste en aplicar unas gotas de acetona en los bordes a unir, estando en estado pastoso.
- Unión por inserción de alma metálica: consiste en calentar el material hasta reblandecerlo e insertar en él una malla metálica.
- Soldadura: puede ser autógena (calentando los bordes de las piezas y uniéndolos) o con aportación de material (utilizando un soplete de aire caliente, con el material en estado pastoso, ejerciendo presión uniforme y regular sobre la varilla de aportación).

### 9.2 **Unión de termoestables**

Se utilizan materiales iguales o similares a los utilizados en la fabricación. Ésta se realiza por adhesión en forma de estratos con polimerización de la resina. Durante este proceso de polimerización la resina pasa de estado líquido a estado sólido de manera irreversible.

La unión por adhesión puede efectuarse por:

- Adhesión de resinas (Poliéster, Epoxi, poliuretano). Para unir piezas pequeñas y operaciones de acabado.
- Adhesión con relleno pastoso: con resinas con carga de Talco, Grafito o Carbonato cálcico. Para tapar huecos.
- Adhesión con resinas y cargas de fibras: se utilizan resinas con cargas de fibras de vidrio o carbono.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>MEZCLAS Y PREPARACIÓN DE COMPONENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>ADITIVOS QUE FACILITAN EL PROCESO.....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>EXTRUSIÓN.....</b>	<b>1</b>
4.1	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS EXTRUSORAS DE HUSILLO ÚNICO.....	2
4.2	PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	2
4.3	FABRICADOS Y DERIVADOS DE LA EXTRUSIÓN.....	3
<b>5</b>	<b>COEXTRUSIÓN.....</b>	<b>3</b>
5.1	CABEZALES Y BOQUILLAS DE COEXTRUSIÓN.....	3
5.2	PROCEDIMIENTOS DE COEXTRUSIÓN.....	3
<b>6</b>	<b>MOLDEO.....</b>	<b>3</b>
6.1	EL SISTEMA DE INYECCIÓN.....	4
6.2	INYECCIÓN MÚLTIPLE.....	4
6.3	PROCESOS DE MOLDEO.....	4
<b>7</b>	<b>TERMOCONFORMADO.....</b>	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>CALANDRADO.....</b>	<b>5</b>
<b>9</b>	<b>MÉTODOS DE UNIÓN DE PLÁSTICOS.....</b>	<b>5</b>
9.1	UNIÓN DE TERMOPLÁSTICOS.....	5
9.2	UNIÓN DE TERMOESTABLES.....	5